

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-283532

(43)Date of publication of application : 07.10.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/3205

H01L 21/205

(21)Application number : 05-068779

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 26.03.1993

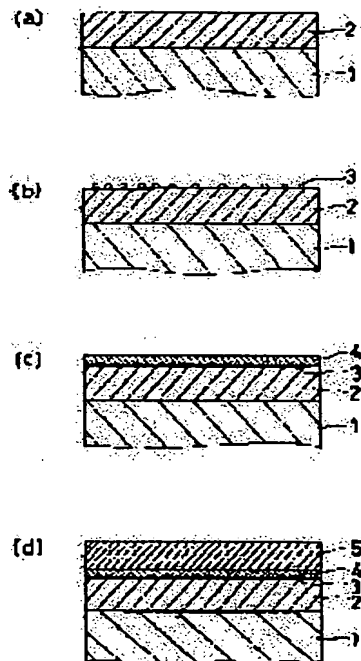
(72)Inventor : KAIZUKA KENJI  
JINRIKI HIROSHI  
OTA TOMOHIRO

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To enhance the reliability upon aging by a method wherein a (111) oriented titanium nitride film and a specific titanium film as the lower layer thereof are laminated on an underneath film comprising Al or Al alloy.

**CONSTITUTION:** Within the semiconductor device wherein a metallic wiring layer 5 is composed of a laminated wiring including Al or Al alloy layer, a (111) oriented titanium nitride film 4 and a titanium film 3 as a lower layer thereof in the surface coating ratio exceeding 50% and the mean film thickness not exceeding 100 $\mu$ m; are to be laminated as the underneath layer of the metallic wiring layer 5. For example, an insulating film 2 is deposited on a silicon substrate 1 and then Ti 3 is deposited 50 $\mu$ m; thick in the design value by patterning process. Successively, TiN 4 is deposited in the specific thickness by CVD process. At this time, the material base of CVD is specified to be TiCl<sub>4</sub>/NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub> base while the film forming requirements are to be 60° C of substrate temperature, 2 sccm of TiCl<sub>4</sub>, 40 sccm of NH<sub>3</sub>, 10 sccm of H<sub>2</sub> and 0.1 Torr of partial pressure. Finally, Al-0.5%Cu 5 is to be deposited in specific thickness.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3328358

[Date of registration]

12.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The semiconductor device characterized by carrying out the laminating of the titanium film of 100A or less of average thickness to the titanium night RAIDO film in which the metal wiring layer carried out orientation to the substrate of a metal wiring layer (111) in the semiconductor device which is laminating wiring containing aluminum or its alloy layer, and its lower layer 50% or more by surface coverage.

[Claim 2] The semiconductor device according to claim 1 said whose titanium film is what is carrying out orientation (002).

[Claim 3] As a substrate of the metal wiring layer which consists of aluminum or its alloy on a semiconductor substrate Titanium or titanium night RAIDO of the orientation (111) of beforehand good membraneous quality on the conditions which carry out orientation (002) 50% or more of first, surface coverage, Titanium night RAIDO is made to deposit under the conditions from which good membraneous quality is obtained with the CVD method by the system which covered and contains a titanium compound in 100A or less of average thickness continuously. The manufacture approach of the semiconductor device characterized by depositing said metal wiring layer on this titanium night RAIDO film after forming the titanium night RAIDO film of the orientation (111) of good membraneous quality.

[Claim 4] The manufacture approach of a semiconductor device according to claim 3 that said titanium compound is halogenation titanium.

[Claim 5] The conditions from which good membraneous quality is obtained with said CVD method are the manufacture approach of the semiconductor device according to claim 3 or 4 which are the conditions which form the titanium night RAIDO film of orientation (200).

[Claim 6] The manufacture approach of the semiconductor device characterized by performing either a RTA process and an etchback process and its both before being the manufacture approach of a semiconductor device according to claim 3 to 5 and depositing said metal wiring layer.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the semiconductor device which equipped the metal wiring layer with the barrier metal having the barrier property to a semi-conductor substrate, and the high-reliability of wiring, and its manufacture approach about a semiconductor device and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In a shallow diffusion layer, problems, such as a spike to the diffusion layer of the aluminum which is a wiring material, and a deposit to aluminum wiring of substrate silicon, are arising as detailed-izing of a semiconductor device and high integration progress. Therefore, in order to prevent the counter diffusion of aluminum and silicon in use of the aluminium alloy which made about 1% of silicon mix beforehand into aluminum as an electrode wiring material, and the contact section of an aluminium alloy and a silicon diffusion layer, a diffusion barrier layer (it is called barrier metal) is used.

[0003] Titanium nitride (TiN) is considered the present most promising ingredient as a barrier metal. Since titanium nitride (TiN) can realize low resistance wiring with a silicon substrate easily by it not only excels in barrier property, but that it is low resistance comparatively, and the titanium silicide which is the same titanium compound, it is the reason that it can have a continuity in membrane formation, to excel in adhesion with a tungsten, when applying a tungsten plug to a contact hole further, etc. As a method of forming the titanium nitride film, after carrying out sputter membrane formation of a reactive sputtering method or the titanium conventionally, it nitrides, and it is carrying out.

[0004] (111) is told that the film which carried out orientation is excellent by the electromigration (EM) resistance of aluminum or aluminium alloy wiring, and the approach of making carry out orientation of the titanium nitride film to (111), and forming an aluminum wiring layer on it is indicated by JP,3-262127,A as an approach for it.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] by the way, it mentioned above in the above-mentioned conventional technique -- as (111) -- the titanium nitride film which carried out orientation was formed by depositing directly by nitriding, after forming titanium by the sputter, or the reactant sputter. However, when titanium nitride is formed with a CVD method, orientation when the membraneous quality (for example, a membraneous consistency with low resistance is high) which can be used for wiring is obtained is (200), and it is reported that a function worsens as a diffusion barrier layer whose titanium nitride film which carried out orientation at least (111) is the essential purpose of barrier metal.

[0006] That is, there was no technique which carries out orientation with the conventional CVD technique (111), and forms the good titanium nitride film of membraneous quality. Therefore, although it became orientation when titanium nitride of good membraneous quality was formed with the CVD method (200), in order not to carry out orientation of the aluminum wiring on it to (111), it had the problem to which the dependability of a semiconductor device falls, and when making it into the titanium nitride film which carried out orientation on the other hand (111), its membraneous quality was bad, and it had problems, such as a rise of wiring resistance, and a fall of barrier property.

[0007] The purpose of this invention cancels the trouble of the above-mentioned conventional technique, and is to offer the semiconductor device which aimed at improvement in the dependability of wiring by

forming the good (111) orientation titanium nitride RAIDO film of membraneous quality used as the barrier metal which has diffusion barrier property and the high-reliability of wiring as a substrate of the metal wiring layer which consists of aluminum or its alloy, and its manufacture approach.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention offers the semiconductor device characterized by carrying out the laminating of the titanium film of 100Å or less of average thickness to the titanium nitride RAIDO film in which the metal wiring layer carried out orientation to the substrate of a metal wiring layer (111) in the semiconductor device which is laminating wiring containing aluminum or its alloy layer, and its lower layer 50% or more by surface coverage.

[0009] moreover, this invention as a substrate of the metal wiring layer which consists of aluminum or its alloy on a semiconductor substrate Titanium or titanium nitride RAIDO of the orientation (111) of beforehand good membraneous quality on the conditions which carry out orientation (002) 50% or more of first, surface coverage, Titanium nitride RAIDO is made to deposit under the conditions from which good membraneous quality is obtained with the CVD method by the system which covered and contains a titanium compound in 100Å or less of average thickness continuously. After forming the titanium nitride RAIDO film of the orientation (111) of good membraneous quality, the manufacture approach of the semiconductor device characterized by depositing said metal wiring layer on this titanium nitride RAIDO film is offered.

[0010] Here, it is desirable that said titanium compound is halogenation titanium. Moreover, as for the conditions from which good membraneous quality is obtained with said CVD method, it is desirable that they are the conditions which form the titanium nitride RAIDO film of orientation (200).

[0011] It is the manufacture approach of the above-mentioned semiconductor device, this invention is the manufacture approach of a semiconductor device given in either of said metals, and before it deposits said metal wiring layer, it offers either a RTA process and an etchback process and the manufacture approach of the semiconductor device characterized by performing the both.

[0012]

[Function of the Invention] the conditions which carry out orientation first (002) in the manufacture approach of the semiconductor device of this invention -- titanium (Ti) -- for example, a sputter -- or the process which nitrides the titanium nitride RAIDO (TiN) film after carrying out the sputter of Ti, or attaches it 100Å or less by 50% or more of surface coverage and average thickness by the direct reaction nature sputter is performed on the conditions which carry out orientation to (111). Here, Ti film and the TiN film do not need to be continuation film. Then, although the orientation (200) TiN film will be beforehand obtained when Ti or TiN is not attached if TiN is deposited according to conditions which improve membraneous quality with the CVD method by the system containing a titanium compound, TiN that Ti or (111) Orientation TiN is attached beforehand is obtained. And the membraneous quality of the orientation (111) TiN film obtained in this way is maintained good. After performing one of a RTA process or the etchback processes, or both the above-mentioned process and if needed, aluminum or aluminum alloy (henceforth aluminum system alloy) is deposited on TiN, and aluminum system alloy film is formed. Then, the semiconductor device which carried out patterning of this aluminum system alloy film, and formed the metal wiring layer is manufactured.

[0013] It is this invention or the semiconductor device manufactured by this invention method has the structure where the orientation (111) TiN film by which the laminating was carried out is formed by 50% or more of surface coverage, and average thickness at the substrate of aluminum system alloy wiring layer on Ti film (or (111) orientation TiN film) 100Å or less. Although the TiN film of a metal wiring layer substrate is orientation (111), it is the optimal as a barrier metal which has good membraneous quality and has diffusion barrier property and the high-reliability of wiring. Therefore, since the semiconductor device manufactured by the semiconductor device and this invention method of this invention has the good TiN film of the membraneous quality of orientation as a substrate (111) of a metal wiring layer, it can form easily the orientation aluminum system alloy film with strong (111) electromigration (EM) resistance for aluminum system alloy wiring layer, and its dependability of wiring is high.

[0014] In this invention, the reason which limits 50% or more with surface coverage, and limits the amount of covering of the orientation (002) Ti film formed first and (111) the orientation TiN film to 100Å or less by average thickness is because it is required to grow up the TiN film which carries out priority orientation to (111).

[0015]

[Example] The semiconductor device concerning this invention and its manufacture approach are explained to a detail based on the suitable example shown in an attached drawing.

[0016] Drawing 1 (a) - (d) is process drawing showing the process of one example of the manufacture approach of the semiconductor device of this invention.

[0017] First, an insulator layer (for example, BPSG) 2 is deposited on a silicon substrate 1 like drawing 1 (a). 50Å of Ti3 is deposited in a design value by the spatter on it. It is thought that Ti3 will have been in fact in the condition, i.e., the discontinuity film, that the nucleus of Ti3 was formed in some places so that it might not be the 50Å continuation film and might become 50% or more of surface coverage, at this time (refer to drawing 1 (b)). That is, 50Å is that only the time amount found by count from the data of a membrane formation rate should carry out the spatter of Ti. However, when the continuation film of Ti is produced, it deposits on the conditions which carry out orientation to (002).

[0018] Then, only the thickness of a request of TiN4 is deposited like drawing 1 (c) with a CVD method. However, the thickness of Spatter Ti does not need to take into consideration in drawing 1 (c). The raw material system of CVD considers as the system of a titanium tetrachloride (TiCl4) / ammonia (NH3) / hydrogen (H2), and membrane formation conditions are substrate temperature: 650-degree-C, TiCl4 : 2sccm, NH3 : 40sccm, H2 : 10sccm, total pressure: It was referred to as 0.1 Torr. At this time, when membranes are directly formed on this condition on silicon, it is checked that TiN which carried out orientation (200) is obtained, that it is the smallest in the TiN film with which electrical resistivity is obtained by this gas system, etc. Then, only the thickness of a request of aluminum-0.5% Cu5 is deposited (refer to drawing 1 (d)).

[0019] Thus, orientation of the obtained TiN film 4 is carried out for showing in drawing 2 (111). This shows that the stacking tendency of TiN4 is determined as the phase of the nucleation in early stages of membrane formation. That is, the following mechanisms can be considered. CVD-TiN4 uses this Ti3 as a nucleus by attaching Ti3 to a front face slightly by Ti spatter beforehand, or it is nitrided with the ammonia whose spatter Ti 3 is one of the raw material systems of CVD first, and is set to TiN, and this serves as a nucleus and starts growth. That is, since the orientation where TiN which will nitride Ti (002) and will be obtained if it is the case of the latter since the orientation where TiN deposited on Ti (002) is strong (111) is shown if it is the case of the former is strong (111) is shown, in this invention, the nucleus of TiN4 which will become orientation first in the future (111) will be formed by attaching on the conditions which carry out orientation of the spatter Ti 3 to (002). As for the TiN film finally obtained, orientation (111) is shown, as a result of forming the nucleus of TiN which will become orientation in this invention in the future (111) at the time of growth initiation even if it is the conditions which carry out orientation (200) when depositing the TiN film on silicon or its oxide film. Naturally, orientation (111) also of the aluminum on TiN (111) is carried out.

[0020] Thus, there was no significant difference as compared with wiring using TiN by which the dependability of made aluminum system alloy wiring 5 was made from the conventional spatter. Although it is thought that this becomes possible [ taking in a CVD method on the occasion of metal wiring formation by this invention method from now on besides W plug ], it is shown that it can be used also for the main wiring section.

[0021] Moreover, in the above-mentioned example, membrane formation temperature is 650 degrees C, that it cannot apply only to the substrate of the first aluminum wiring (the melting point of aluminum is about 660 degrees C), or it changes a raw material system, low-temperature-izing of membrane formation is possible by using a plasma-CVD method, and CVD-TiN can be applied by all the parts of wiring by applying a low temperature-ized technique. For this reason, the technique of this invention cannot be overemphasized by that it is applicable also to parts other than the substrate of the first aluminum wiring, either.

[0022] In the above-mentioned example, also although Ti3 is deposited on the substrate of the orientation (111) TiN film 4 and it excels in it by the spatter, as long as especially the approach of depositing Ti3 is not restricted but can deposit Ti3 on an insulator layer 2 at 50% or more of surface coverage, and 100Å or less of average thickness, it may be what kind of approach. Moreover, in this invention, since this (002) orientation Ti 3 is used for the nucleation in early stages of membrane formation which determines the stacking tendency of CVD-TiN4, i.e., the nucleation of TiN which will become orientation in the future (111), it may carry out the specified quantity deposition of the TiN on the conditions which carry out

orientation (111) instead of Ti. For example, it is N<sub>2</sub> about Ti<sub>3</sub> deposited on the conditions which carry out orientation (002). It nitrides by the things (lamp annealing etc.) to heat-treat in gas. It carries out (TiN nitrided and obtained carries out orientation of Ti (002) strongly (111) as mentioned above). it may be beforehand referred to as TiN -- It is N<sub>2</sub> by the reactant spatter instead of Ti<sub>3</sub>. Only 50% or more of complements, i.e., surface coverage, and 100Å or less only of average thickness may deposit TiN on an insulator layer 2 directly at nucleation on the conditions which carry out a spatter and which carry out orientation (111) in an ambient atmosphere.

[0023] the above-mentioned example -- the raw material system of CVD -- TiCl<sub>4</sub> / NH<sub>3</sub> / H<sub>2</sub> although it is a system, if it is a system containing a titanium compound -- especially -- not restrictive -- for example, TiBr<sub>4</sub> and TiI<sub>4</sub> etc. -- organic compounds using halogenation titanium, such as a thing and tetra-diethylamino titanium, etc. can be used. NH<sub>3</sub> It is N<sub>2</sub> to instead of. N two H<sub>4</sub> (hydrazine) may be used. Moreover, it is TiCl<sub>4</sub> / NH<sub>3</sub> / H<sub>2</sub> that what is necessary is just the conditions which form TiN with good membraneous quality when the membrane formation conditions of CVD are not limited to the above-mentioned example, either but form membranes directly on a semi-conductor substrate. By the system They are 650-750 degrees C and TiCl<sub>4</sub> about substrate temperature. NH<sub>3</sub> They are 1:1-1:25, and NH<sub>3</sub> about a division ratio. H<sub>2</sub> 1:0-1:1, and total pressure can be set to 10mTorr(s) - 10Torr for a division ratio.

[0024] Moreover, what is necessary is just to also choose suitably the thickness of the CVD-TiN film 4, and the thickness of aluminum system alloy film 5 especially if needed [ not the time of a limit but if needed ].

[0025] Performing RTA (rapid-heating processing: Rapid Thermal Anneal), etchback, or its both in the above-mentioned example, if needed, before forming aluminum system alloy film since the low resistance ratio of TiN and crystalline improvement are expected by RTA -- it is -- etchback -- the thickness of TiN -- adjustment (for example, a hole (hole), if thickness is more nearly required than a flat part in a hole when forming TiN inside) Once attaching thickly, it may be needed for deleting and carrying out the part whose flat part is too thick.

[0026] [Effect of the Invention] Since it has the good (111) orientation titanium night RAIDO film of membraneous quality on the substrate of aluminum or an aluminium alloy wiring layer according to the semiconductor device of this invention as explained in full detail above, it excels in barrier property, and moreover, the electromigration resistance of a metal wiring layer is high, and the high-reliability of wiring and detailed-ization can be attained.

[0027] moreover -- according to the manufacture approach of the semiconductor device of this invention -- as barrier metal -- membraneous quality -- being good (111) -- since titanium night RAIDO which carried out orientation can be easily deposited with a CVD method, the semiconductor device which has the above-mentioned effectiveness can be easily manufactured at an easy process.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-283532

(43)公開日 平成 6 年(1994)10月 7 日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/3205

21/205

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7514-4M

H 0 1 L 21/ 88

R

7514-4M

N

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-68779

(22)出願日 平成 5 年(1993) 3 月26日

(71)出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通 1 丁目 1 番28号

(72)発明者 貝 塚 健 志

千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72)発明者 神 力 博

千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72)発明者 太 田 与 洋

千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

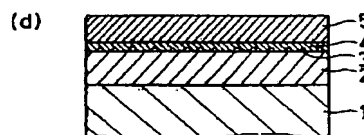
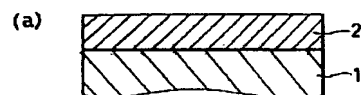
(74)代理人 弁理士 渡辺 望稔 (外 1 名)

(54)【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】アルミニウムまたはその合金からなる金属配線層の下地として拡散バリア性と配線の高信頼性とを併せ持つバリアメタルとなる膜質の良い(111)配向チタンナイトライド膜を形成することで配線の信頼性の確保と工程の簡略化を図った半導体装置およびその製造方法の提供。

【構成】金属配線層がアルミニウムまたはその合金層を含む積層配線である半導体装置において、金属配線層の下地に(111)に配向したチタンナイトライド膜およびその下層に表面被覆率で50%以上、平均膜厚100Å以下のチタン膜が積層される半導体装置および前記チタン膜または予め堆積された所定量のチタンナイトライド膜上に、CVD法によって、良好な膜質、特に(200)に配向する条件下で(111)配向の良膜質のチタンナイトライドを形成する工程を含む半導体装置の製造方法。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】金属配線層がアルミニウムまたはその合金層を含む積層配線である半導体装置において、金属配線層の下地に(111)に配向したチタンナイトライド膜およびその下層に表面被覆率で50%以上、平均膜厚100Å以下のチタン膜が積層されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】前記チタン膜が、(002)配向しているものである請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】半導体基板上にアルミニウムまたはその合金からなる金属配線層の下地として、まず、(002)配向する条件でチタン、もしくは予め良好な膜質の(111)配向のチタンナイトライドを表面被覆率50%以上、平均膜厚100Å以下に被覆し、

続いてチタン化合物を含む系によるCVD法で良好な膜質が得られる条件下でチタンナイトライドを堆積させて、良好な膜質の(111)配向のチタンナイトライド膜を形成した後、

このチタンナイトライド膜上に前記金属配線層を堆積することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項4】前記チタン化合物がハロゲン化チタンである請求項3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】前記CVD法で良好な膜質が得られる条件は、(200)配向のチタンナイトライド膜を成膜する条件である請求項3または4に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】請求項3～5のいずれかに記載の半導体装置の製造方法であって、前記金属配線層を堆積する前にRTA工程およびエッチバック工程のいずれか、あるいはその両方を行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置およびその製造方法に関し、特に半導体基板に対するバリア性と配線の高信頼性とを併せもつバリアメタルを金属配線層に備えた半導体装置およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体装置の微細化、高集積化が進むにつれて浅い拡散層において配線材料であるアルミニウムの拡散層へのスパイクや基板シリコンのアルミニウム配線への析出などの問題が生じてきている。そのため、電極配線材料としてアルミニウム中にあらかじめ1%程度のシリコンを混入させたアルミニウム合金の使用、および、アルミニウム合金とシリコン拡散層のコンタクト部にアルミニウムとシリコンの相互拡散を防ぐために拡散バリア層(バリアメタルと呼ぶ)を用いるようになって

いる。【0003】バリアメタルとして現在最も有望な材料と考えられているのがチタンナイトライドである。チタン

ナイトライド(TiN)は、バリア性に優れているのみならず比較的低抵抗であること、および同じチタン化合物であるチタンシリサイドによりシリコン基板との低抵抗コンタクトを容易に実現できるため成膜に連続性がもてること、さらにコンタクト孔にタングステンプラグを適用する場合タングステンとの密着性に優れていること等がその理由である。チタンナイトライド膜の成膜法としては、従来反応性スパッタリング法またはチタンをスパッタ成膜したのち窒化して行っている。

10 【0004】アルミニウムまたはアルミニウム合金配線のエレクトロマイグレーション(EM)耐性には(111)に配向した膜が優れているといわれており、そのための方法として特開平3-262127号には、チタンナイトライド膜を(111)に配向させてその上にアルミニウム配線層を形成する方法が開示されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記従来技術においては、上述したように(111)に配向したチタンナイトライド膜は、チタンをスパッタ法で成膜した後に窒化することにより、または反応性スパッタ法によって直接堆積することで成膜されていた。しかしながら、チタンナイトライドをCVD法で成膜した場合、配線に利用できるような膜質(例えば、抵抗が低い、膜の密度が高い等)が得られた場合の配向は(200)になっており、少なくとも(111)に配向したチタンナイトライド膜はバリアメタルの本質的な目的である拡散バリア層として機能が悪くなることが報告されている。

20 【0006】すなわち、従来のCVD技術では(111)配向しかつ膜質の良いチタンナイトライド膜を形成する技術がなかった。そのためCVD法によって良好な膜質のチタンナイトライドを成膜すると(200)配向となるが、その上のAl配線は(111)に配向しないため半導体装置の信頼性が低下する問題があり、一方(111)に配向したチタンナイトライド膜にすれば膜質が悪く、配線抵抗の上昇やバリア性の低下等の問題があった。

30 【0007】本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解消し、アルミニウムまたはその合金からなる金属配線層の下地として拡散バリア性と配線の高信頼性とを併せ持つバリアメタルとなる膜質の良い(111)配向チタンナイトライド膜を形成することで配線の信頼性の向上を図った半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、金属配線層がアルミニウムまたはその合金層を含む積層配線である半導体装置において、金属配線層の下地に(111)に配向したチタンナイトライド膜およびその下層に表面被覆率で50%以上、平均膜厚100Å以下のチタン膜が積層されていることを特徴と

する半導体装置を提供するものである。

【0009】また、本発明は、半導体基板上にアルミニウムまたはその合金からなる金属配線層の下地として、まず、(002)配向する条件でチタン、もしくは予め良好な膜質の(111)配向のチタンナイトライドを表面被覆率50%以上、平均膜厚100Å以下に被覆し、続いてチタン化合物を含む系によるCVD法で良好な膜質が得られる条件下でチタンナイトライドを堆積させて、良好な膜質の(111)配向のチタンナイトライド膜を形成した後、このチタンナイトライド膜上に前記金

属配線層を堆積することを特徴とする半導体装置の製造方法を提供するものである。

【0010】ここで、前記チタン化合物がハロゲン化チタンであるのが好ましい。また、前記CVD法で良好な膜質が得られる条件は、(200)配向のチタンナイトライド膜を成膜する条件であるのが好ましい。

【0011】本発明は、上記半導体装置の製造方法であって、前記金属のいずれかに記載の半導体装置の製造方法であって、前記金属配線層を堆積する前にRTA工程およびエッチバック工程のいずれか、あるいはその両方を行うことを特徴とする半導体装置の製造方法を提供するものである。

【0012】

【発明の作用】本発明の半導体装置の製造方法においては、まず(002)に配向する条件でチタン(Ti)を、例えばスパッタ法により、もしくは、(111)に配向する条件でチタンナイトライド(TiN)膜を、例えばTiをスパッタした後に窒化して、または直接反応性スパッタ法により表面被覆率50%以上、平均膜厚で100Å以下付ける工程を行う。ここで、Ti膜およびTiN膜は連続膜である必要はない。続いてチタン化合物を含む系によるCVD法で膜質を良くするような条件によりTiNを堆積すると、予め、TiまたはTiNを付けなかった場合は(200)配向TiN膜が得られるが、予めTiまたは(111)配向TiNを付けておくとのTiNが得られる。しかもこうして得られた(111)配向TiN膜の膜質は良好に維持される。上記工程と、必要に応じてRTA工程やエッチバック工程のどちらかあるいは両方を行った後、TiN上にAlまたはAl合金(以下、Al系合金という)を堆積して、Al系合金膜を形成する。この後、このAl系合金膜をパターニングして金属配線層を形成した半導体装置を製造する。

【0013】本発明のまたは本発明法によって製造された半導体装置は、Al系合金配線層の下地に、表面被覆率50%以上、平均膜厚で100Å以下のTi膜(または(111)配向TiN膜)上に積層された(111)配向TiN膜が形成されている構造を有している。金属配線層下地のTiN膜は(111)配向であるにもかかわらず、良好な膜質を有し、拡散バリア性と配線の高信

頼性とを併せ持つバリアメタルとして最適なものである。従って、本発明の半導体装置および本発明法によって製造された半導体装置は、金属配線層の下地として(111)配向の膜質の良いTiN膜を有しているので、Al系合金配線層をエレクトロマイグレーション(EM)耐性の強い(111)配向Al系合金膜を容易に形成でき、配線の信頼性が高い。

【0014】本発明において、始めに形成する(002)配向Ti膜および(111)配向TiN膜の被覆量を表面被覆率で50%以上、平均膜厚で100Å以下に限定する理由は、(111)に優先配向するTiN膜を成長させるのに必要なためである。

【0015】

【実施例】本発明に係る半導体装置およびその製造方法を添付の図面に示す好適実施例に基づいて詳細に説明する。

【0016】図1(a)~(d)は、本発明の半導体装置の製造方法の一実施例の工程を示す工程図である。

【0017】まず、図1(a)のようにシリコン基板1上に絶縁膜(例えばBPSG)2を堆積する。その上にスパッタ法によりTi3を設計値で50Å堆積する。このときTi3は、実際には50Åの連続膜になっているのではなく、表面被覆率50%以上となるように所々にTi3の核が形成された状態、すなわち不連続膜になっていると考えられる(図1(b)参照)。すなわち、50Åというのは成膜速度のデータから計算により求められた時間だけTiをスパッタすれば良い、ということである。ただし、Tiの連続膜を作製したときに(002)に配向する条件で堆積する。

【0018】続いて、CVD法により図1(c)のようにTiN4を所望の厚さだけ堆積する。ただし、図1(c)ではスパッタTiの膜厚は考慮しなくてもよい。CVDの原料系は四塩化チタン(TiCl<sub>4</sub>)/アンモニア(NH<sub>3</sub>)/水素(H<sub>2</sub>)の系とし、成膜条件は

基板温度：650℃  
TiCl<sub>4</sub>：2sccm  
NH<sub>3</sub>：40sccm  
H<sub>2</sub>：10sccm  
全圧：0.1Torr

とした。このとき、シリコン上にこの条件で直接成膜した場合は(200)配向したTiNが得られること、電気抵抗率が本ガス系で得られるTiN膜の中で最も小さいこと等が確認されている。引き続き、Al-0.5%Cu5を所望の厚さだけ堆積する(図1(d)参照)。

【0019】このようにして得られたTiN膜4は図2に示すように(111)に配向する。このことは、TiN4の配向性が成膜初期の核形成の段階に決定されることを示している。すなわち以下のようなメカニズムが考えられる。予めTiスパッタにより表面にTi3を僅かに付けることでCVD-TiN4はこのTi3を核にし

て、あるいは、スパッタTi3がまずCVDの原料系の1つであるアンモニアにより窒化されてTiNとなりこれが核となって成長を開始する。すなわち、前者の場合であればTi(002)上に堆積したTiNが強い(111)配向を示すので、後者の場合であればTi(002)を窒化して得られるTiNが強い(111)配向を示すので、本発明において、スパッタTi3を(002)に配向する条件で付けることにより、まず将来(111)配向となるTiN4の核が形成されることとなる。シリコンやその酸化膜上にTiN膜を堆積する場合は(200)配向する条件であっても、本発明においては成長開始時に将来(111)配向となるTiNの核が形成される結果、最終的に得られるTiN膜は(111)配向を示す。当然、TiN(111)上のAlも(111)配向する。

【0020】このようにして作られたAl系合金配線5の信頼性は従来のスパッタで作られたTiNを用いた配線と比較して有意差はなかった。このことは、本発明法によって、今後金属配線形成に際しWプラグ以外にもCVD法を取り入れることが可能となると考えられるが、主配線部にも使用できることを示している。

【0021】また、上記実施例では成膜温度が650℃であり、第一Al配線の下地にしか適用し得ない(Alの融点は約660℃)が、原料系を変えるあるいはプラズマCVD法を用いることで成膜の低温化が可能であり、低温化技術を適用することによって配線のあらゆる部位でCVD-TiNが適用できる。このため、本発明の技術もまた、第一Al配線の下地以外の部位にも適用できることはいうまでもない。

【0022】上記実施例においては、(111)配向TiN膜4の下地にスパッタ法によってTi3を堆積したけれども、Ti3を堆積する方法は、特に制限されず、Ti3を絶縁膜2上に表面被覆率50%以上、平均膜厚100Å以下に堆積できればどのような方法であってもよい。また、本発明においては、この(002)配向Ti3は、CVD-TiN4の配向性を決定する成膜初期の核形成、すなわち将来(111)配向となるTiNの核形成に用いられるものであるので、Tiの代りに(111)配向する条件でTiNを所定量堆積しておいてもよい。例えば、(002)配向する条件で堆積したTi3をN<sub>2</sub>ガス中で加熱処理(ランプアニールなど)することで窒化して、予めTiNとしておいてもよい(前述のようにTi(002)を窒化して得られたTiNは強く(111)配向する)し、Ti3の代わりに反応性スパッタによってN<sub>2</sub>雰囲気中でスパッタして(111)配向する条件で直接TiNを、絶縁膜2上に核形成に必要な量、すなわち、表面被覆率50%以上、平均膜厚100Å以下だけ堆積してもよい。

【0023】上記実施例では、CVDの原料系は、Ti

Cl、/NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>系であるが、チタン化合物を含む系であれば、特に制限的ではなく、例えば、TiBr<sub>4</sub>、TiI<sub>4</sub>などのハロゲン化チタンを用いるものやテトラエチルアミノチタン等の有機化合物なども用いることができる。NH<sub>3</sub>の代りにN<sub>2</sub>やN<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(ヒドラジン)を用いるものでもよい。またCVDの成膜条件も、上記実施例に限定されず、半導体基板上に直接成膜した時に膜質の良好なTiNを成膜する条件であればよく、例えばTiCl<sub>4</sub>/NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>系で、基板温度を650~750℃、TiCl<sub>4</sub>とNH<sub>3</sub>の分圧比を1:1~1:25、NH<sub>3</sub>とH<sub>2</sub>の分圧比を1:0~1:1、全圧を10mTorr~10Torrとすることができる。

【0024】また、CVD-TiN膜4の膜厚およびAl系合金膜5の膜厚も、特に制限時ではなく、必要に応じて適宜選択すればよい。

【0025】上記実施例において、Al系合金膜を形成する前に必要に応じてRTA(急速加熱処理: Rapid Thermal Anneal)またはエッチバックもしくはその両方を行うのは、RTAによりTiNの低抵抗比、結晶性の向上が期待されるからであり、エッチバックはTiNの膜厚を調整(例えば孔(ホール)内にTiNを成膜する場合に、ホール内で平坦部よりも膜厚が必要であれば、一旦厚くつけた後、平坦部の厚過ぎる分を削る)するのに必要な場合がある。

【0026】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の半導体装置によれば、アルミニウムまたはアルミニウム合金配線層の下地に膜質の良い(111)配向チタンナイトライド膜を有しているので、バリア性に優れ、しかも金属配線層のエレクトロマイグレーション耐性が高く、配線の高信頼性、微細化を達成することができる。

【0027】また、本発明の半導体装置の製造方法によれば、バリアメタルとして膜質の良好な(111)に配向したチタンナイトライドをCVD法によって容易に堆積することができるので、上記効果を有する半導体装置を簡単な工程で容易に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

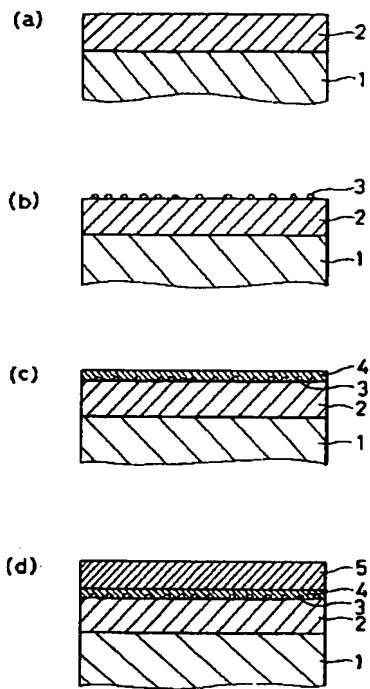
【図1】 (a)~(d)は、本発明の半導体装置の製造方法の一実施例を示す工程図である。

【図2】 本発明の半導体装置の一実施例の各結晶相のX線回折強度を示すグラフである。

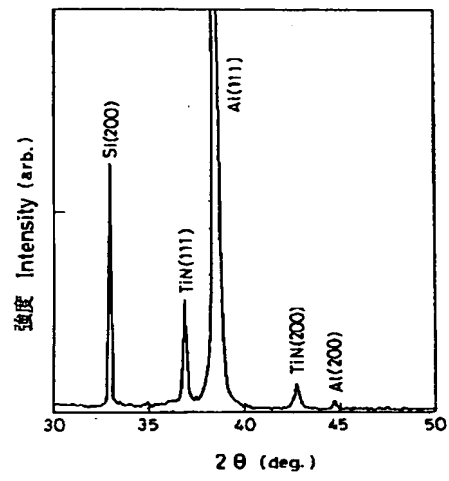
【符号の説明】

- 1 半導体基板(シリコン基板)
- 2 絶縁膜
- 3 Ti
- 4 CVD-TiN
- 5 Al合金(Al-0.5%Cu)膜

【図1】



【図2】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第2区分  
 【発行日】平成13年3月23日(2001.3.23)

【公開番号】特開平6-283532  
 【公開日】平成6年10月7日(1994.10.7)  
 【年通号数】公開特許公報6-2836  
 【出願番号】特願平5-68779  
 【国際特許分類第7版】

H01L 21/3205  
 21/205

【F I】

H01L 21/88 R  
 21/205  
 21/88 N

【手続補正書】

【提出日】平成12年3月24日(2000.3.24)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項5

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項5】前記CVD法で良好な膜質が得られる条件は、予め前記チタンまたは前記チタンナイトライドを付けなかった場合は(200)配向のチタンナイトライド膜を成膜する条件である請求項3または4に記載の半導体装置の製造方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】

【発明の作用】本発明の半導体装置の製造方法において

は、まず(002)に配向する条件でチタン(Ti)を、例えばスパッタ法により、もしくは、(111)に配向する条件でチタンナイトライド(TiN)膜を、例えばTiをスパッタした後に窒化して、または直接反応性スパッタ法により表面被覆率50%以上、平均膜厚で100Å以下付ける工程を行う。ここで、Ti膜およびTiN膜は連続膜である必要はない。続いてチタン化合物を含む系によるCVD法で膜質を良くするような条件によりTiNを堆積すると、予め、TiまたはTiNを付けなかった場合は(200)配向TiN膜が得られるが、予めTiまたは(111)配向TiNを付けておくと(111)配向のTiNが得られる。しかもこうして得られた(111)配向TiN膜の膜質は良好に維持される。上記工程と、必要に応じてRTA工程やエッチバック工程のどちらかあるいは両方を行った後、TiN上にAlまたはAl合金(以下、Al系合金という)を堆積して、Al系合金膜を形成する。その後、このAl系合金膜をバターニングして金属配線層を形成した半導体装置を製造する。